

# PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI MATERIAL PENGISI PADA CAMPURAN PERKERASAN JALAN

**Nugroho Utomo dan Chaidir Furqoni Sihabudin Romadlon**

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur  
E-mail: [nugroho.ts@upnjatim.ac.id](mailto:nugroho.ts@upnjatim.ac.id)

## ABSTRAK

*Limbah tempurung kelapa diolah menjadi serbuk arang dan berfungsi sebagai bahan pengisi (filler) pada campuran aspal diharapkan dapat meningkatkan kekuatan serta keawetan pada perkerasan jalan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kuat tekan aspal menggunakan Marshall Test dengan komposisi campuran kadar filler sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% berdasarkan total campuran. Pemeriksaan agregat serta aspal dilakukan untuk mencari kadar aspal optimum, dimana didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,5%. Hasil kadar aspal optimum digunakan untuk pencampuran benda uji menggunakan bahan pengisi limbah tempurung kelapa terhadap waktu rendaman. Marshall Test dengan diperoleh nilai stabilitas optimum sebesar 1444,74 kg pada waktu perendaman 1 jam dan semakin menurun pada waktu perendaman 2 jam, 12 jam, 24 jam dan 48 jam. Hasil Marshall Test pada campuran aspal beton yang menggunakan bahan pengisi serbuk arang tempurung kelapa diperoleh nilai Void in Mineral Aggregates (VMA) sebesar 62,18%, nilai Void Fills Asphalt (VFA) sebesar 18,37%, nilai Voids In Mix (VIM) sebesar 48,49%, nilai kelelehan (flow) sebesar 5,57 mm serta nilai Marshall Quotient (MQ) sebesar 259,60 kg/mm.*

**Kata kunci:** limbah tempurung kelapa, perkerasan jalan, kadar aspal optimum, material aspal, filler, Marshall Test

## ABSTRACT

*A Coconut shell waste processed to charcoal powder and functions as the filler in asphalt mixtures hoped that can increase the strength and durability of road pavement structures. This research has held to find out asphalt compressive strength using Marshall Test with mixture composition of filler amount is 1%, 1.5% and 2% due to total mixtures. First phase of this research is taking an examination to aggregates and asphalt then Marshall Test carried out to obtaining optimum asphalt amount is 5.5%. This following to mix test specimen with using filler from coconut shell waste due to bath-time. Mix test specimen with using filler from coconut shell waste that optimum stability value is 1444,74 kg on 1 hours and decreasing on 2, 12, 24 and 48 hours. In other hands, Marshall Test result of asphalt mixed with coconut shell charcoal powder retrieved Void in Mineral Aggregates (VMA) value is 62.18%, Void Fills Asphalt (VFA) value is 18.37%, Voids In Mix (VIM) value is 48.49%, flow value is 5.57 mm and Marshall Quotient (MQ) value is 259.60 kg/mm.*

**Keywords:** coconut shell waste, road pavement, optimum asphalt amount, asphalt material, filler, Marshall Test

## PENDAHULUAN

Perkembangan masyarakat sekarang ini telah berdampak kepada semakin tingginya permintaan akan jasa transportasi jalan raya. Tingginya permintaan akan jasa transportasi jalan raya tidak hanya ditandai dengan meningkatnya volume lalu-lintas kendaraan tetapi juga ditandai dengan peningkatan beban gandar kendaraan dengan tekanan ban yang juga tinggi. Sehingga struktur perkerasan jalan harus direncanakan untuk dapat mendukung dengan baik perubahan-perubahan kondisi tersebut. Sementara di sisi lain kondisi cuaca dan iklim di Indonesia juga sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan dari lapisan perkerasan jalan.

Berdasarkan hal tersebut pentingnya perencanaan jalan raya telah banyak diteliti tentang pengembangan dan modifikasi aspal dengan memanfaatkan bahan pengisi (*filler*) dari limbah dapat membuat campuran aspal yang ramah terhadap lingkungan. Dalam penelitian ini limbah yang dilakukan studi untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi (*filler*) adalah limbah tempurung kelapa. Untuk dapat digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran perkerasan maka limbah tempurung kelapa harus diolah dahulu menjadi serbuk arang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai VMA, VFA, VIM, stabilitas, kelelahan (*flow*), serta *Marshall Quotient* (MQ) dari *Marshall Test* pada campuran aspal tanpa menggunakan bahan pengisi dan campuran aspal yang menggunakan bahan pengisi serbuk arang tempurung kelapa.

Aspal adalah material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun juga merupakan hasil residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat pada struktur perkerasan jalan.

Meskipun aspal merupakan bagian yang volumenya kecil dibanding dengan komponen komponen penyusun campuran beton aspal, ia merupakan bagian yang krusial dalam

menyediakan ikatan yang awet/tahan lama dan menjaga campuran agar tetap dalam kondisi elastis. Terdapat beberapa kualitas yang harus dimiliki oleh aspal untuk menjamin kinerja campuran yang memuaskan antara lain sebagai berikut :

### a. Rheology

*Rheology* merupakan ilmu yang mempelajari deformasi perubahan bentuk dan aliran massa. Aspal memiliki dua sifat *rheology* penting yaitu *thermoplastic* dan *visco-elastic*. *Thermoplastic* berarti kekentalan aspal turun bersamaan dengan meningkatnya panas dan sebaliknya meningkat seiring dengan menurunnya suhu. *Visco-elastic* berarti ketika gaya bekerja struktur aspal mengalami distorsi sebagai mana aliran. Distorsi adalah pergerakan yang dapat kembali lagi dan dijelaskan sebagai tingkah laku elastis.

### b. Kohesi

Kohesi adalah kemampuan untuk mempertahankan ikatan antara sesama bentuk/senyawa (aspal). Kemampuan daya kohesi suatu aspal dengan tingkat penetrasi tertentu diukur dengan alat uji daktilitas pada temperatur rendah (suhu ruang).

### c. Adhesi

Adhesi adalah kemampuan untuk mempertahankan ikatan antar bentuk senyawa dengan senyawa lainnya (aspal dengan agregat). Kemampuan daya adhesi aspal didekati dengan *Marshall Retained Strength Index*.

### d. Durabilitas

Durabilitas adalah kemampuan untuk mempertahankan secara baik kualitas *rheology*, kohesi dan adhesi dari aspal. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat durabilitas aspal adalah *Oxidative hardening*, *Evaporative hardening* dan *Exudative hardening*.

Agregat diartikan sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari hasil pemecahan batu besar ataupun agregat yang sengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Selain itu agregat juga diartikan sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi suatu

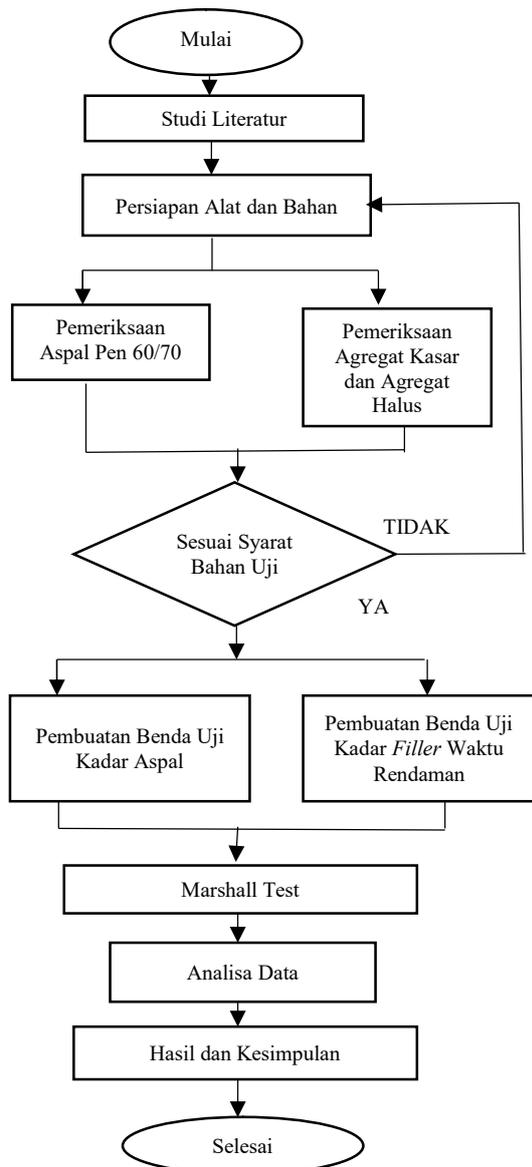
campuran. Agregat dapat berupa berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, termasuk di dalamnya diantaranya, pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi, abu agregat, dan lain-lain.

Serbuk arang tempurung kelapa adalah arang yang dibuat dengan cara kombinasi dari tempurung kelapa dan lalu dihancurkan menjadi serbuk. Pada proses pembakaran tempurung kelapa yang terdiri karbohidrat yang sangat kompleks, akan menyebabkan suatu rentetan reaksi yaitu peruraian secara termal serta menimbulkan panas sebagai hasil peruraian dari bermacam-macam struktur molekul. Pada suhu 275<sup>0</sup>C, lingo selulosa mulai melepaskan H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub>, disamping itu juga terbentuk arang dan metana. Kandungan serbuk arang tempurung kelapa berupa senyawa karbon nonpolar sama seperti senyawa karbon pada aspal. Arang tempurung kelapa ini merupakan material lokal yang mudah ditemukan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah batu pecah dengan ukuran 5 mm dan 10 mm, sedangkan untuk agregat halus yang digunakan adalah pasir Lumajang. Untuk memperoleh aspal yang baik maka gradasi dari agregat harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan, maka perlu dilakukan pemeriksaan terhadap sifat fisik agregat seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 berikut:

**METODE PENELITIAN**



**Tabel -1:** Sifat Fisik Agregat

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Persyaratan	Hasil	Keterangan
<b>Agregat Kasar</b>					
1	Penyerapan Air	SNI 03-1969-1990	Maksimum 3%	2,86%	Memenuhi
2	Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	Minimum 2,5 gr/cm <sup>3</sup>	2,74 gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
<b>Agregat Halus</b>					
1	Penyerapan Air	SNI 03-1969-1990	maksimum 3%	1,44%	Memenuhi
2	Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	minimum 2,5 gr/cm <sup>3</sup>	2,60 gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi

Berdasarkan keseluruhan pengujian agregat diketahui bahwa untuk agregat kasar dan halus dapat digunakan untuk campuran aspal karena semua pengujian telah memenuhi persyaratan. Sedangkan untuk pemeriksaan terhadap sifat fisik aspal ditunjukkan pada tabel 2 sebagai berikut :

**Tabel -2:** Pengujian sifat fisik aspal

No	Pengujian	Standar Pengujian	Syarat		Hasil Pemeriksaan	Keterangan
			Min.	Max		
1	Penetrasi (mm)	SNI 06-2456-1991	60	79	65,7	Memenuhi
2	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	48	58	53,5	Memenuhi
3	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	200	-	219	Memenuhi
4	Daktalitas (cm)	SNI 06-2432-1991	100	-	110	Memenuhi

Dari hasil pengujian terhadap sifat fisik aspal diketahui bahwa material aspal dapat digunakan untuk campuran aspal karena semua pengujian telah memenuhi persyaratan.

Pengujian Marshall terhadap kadar aspal optimum ini dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan keelehan (*flow*), serta digunakan untuk mencari kadar aspal optimum. Kadar aspal yang digunakan adalah hasil penentuan perkiraan kadar aspal yaitu 4,5%, 5%, dan 5,5%. Adapun hasil *Marshall Test* terhadap kadar aspal optimum ditunjukkan pada tabel 3 berikut ini :

**Tabel -3:** Hasil *Marshall Test* Terhadap Kadar Aspal Optimum

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar Aspal terhadap total Agregat		
			4,5	5	5,5
1	VMA (%)	min. 15	61,34	58,19	61,04
2	VFA (%)	min. 60	15,32	18,97	18,18
3	VIM (%)	3,5 - 5,5	51,94	47,19	49,94
4	Stabilitas (Kg)	min. 800	1325,19	1413,47	1285,31
5	Flow (mm)	min. 3,0	5,37	4,27	4,83
6	MQ (Kg/mm)	min. 250	247,91	331,62	267,15

Dari tabel 3 diketahui bahwa hasil *Marshall Test* terhadap kadar aspal optimum untuk campuran aspal sebesar 5,5% dengan nilai VMA (*Voids in Mineral Aggregate*) sebesar 61,04%, untuk nilai VFA (*Voids Fill Asphalt*) sebesar 18,18%, untuk nilai VIM (*Voids in Mix*) sebesar 49,94%, untuk nilai stabilitas diperoleh sebesar 1285,31 kg, untuk nilai keelehan (*flow*) didapatkan nilai sebesar 4,83 mm, dan untuk nilai *Marshall Quotient* (MQ) diperoleh hasil sebesar 267,15 kg/mm.

Selanjutnya dilakukan pengujian *Marshall* terhadap waktu rendaman dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas, keelehan (*flow*), dan keawetan benda uji yang telah direndam dalam waktu yang bervariasi 1 jam, 2 jam, 12 jam, 24 jam dan 48 jam pada setiap benda ujinya. Sedangkan kadar *filler* yang diuji pada setiap waktu rendaman memiliki variasi 1%, 1,5%, dan 2% dengan jumlah setiap kadarnya sebanyak 3 benda uji.

Hasil *Marshall Test* terhadap kadar *filler* dengan waktu rendaman 1 jam ditunjukkan pada tabel 4 berikut ini :

**Tabel -4:** Hasil *Marshall Test* Terhadap Kadar *filler* dengan waktu rendaman 1 jam

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar Filler		
			1,0	1,5	2,0
1	VMA (%)	min. 15	62,18	61,96	63,61
2	VFA (%)	min. 60	18,37	18,53	17,26
3	VIM (%)	3,5 - 5,5	48,49	54,19	57,91
4	Stabilitas (Kg)	min. 800	1444,74	1422,82	1264,95
5	Flow (mm)	min. 3,0	5,57	5,60	4,97
6	MQ (Kg/mm)	min. 250	259,60	254,08	254,70

Dari hasil *Marshall Test* terhadap kadar *filler* dengan waktu rendaman 1 jam diperoleh nilai stabilitas sebesar 1444,74 kg pada kadar *filler* 1%.

Hasil *Marshall Test* terhadap kadar *filler* dengan waktu rendaman 2 jam ditunjukkan pada tabel 5 berikut ini :

**Tabel -5:** Hasil *Marshall Test* Terhadap Kadar *filler* dengan waktu rendaman 2 jam

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar Filler		
			1,0	1,5	2,0
1	VMA (%)	min. 15	68,19	65,90	66,42
2	VFA (%)	min. 60	14,08	15,61	15,25
3	VIM (%)	3,5 - 5,5	58,59	55,61	56,29
4	Stabilitas (Kg)	min. 800	1098,61	1061,68	992,90
5	Flow (mm)	min. 3,0	4,57	4,43	4,07
6	MQ (Kg/mm)	min. 250	240,64	239,45	232,69

Dari hasil *Marshall Test* terhadap kadar *filler* dengan waktu rendaman 2 jam yang ditunjukkan oleh tabel 5 diketahui nilai stabilitas sebesar 1098,61 kg pada kadar *filler* 1%. Hal ini berarti bahwa terdapat penurunan nilai stabilitas yang cukup signifikan pada waktu rendaman 2 jam

Hasil *Marshall Test* terhadap kadar *filler* dengan waktu rendaman 12 jam ditunjukkan pada tabel 6 berikut ini :

**Tabel -6:** Hasil *Marshall Test* Terhadap Kadar *filler* dengan waktu rendaman 12 jam

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar Filler		
			1,0	1,5	2,0
1	VMA (%)	min. 15	65,24	65,97	66,87
2	VFA (%)	min. 60	16,08	15,57	14,95
3	VIM (%)	3,5 - 5,5	54,75	55,70	56,29
4	Stabilitas (Kg)	min. 800	1039,60	978	922,40
5	Flow (mm)	min. 3,0	4,50	4,27	4,07
6	MQ (Kg/mm)	min. 250	231,02	229,23	226,83

Dari hasil *Marshall Test* terhadap kadar *filler* dengan waktu rendaman 12 jam yang ditunjukkan oleh tabel 6 diketahui nilai stabilitas sebesar 1039,60 kg pada kadar *filler* 1%.

Hasil *Marshall Test* terhadap kadar *filler* dengan waktu rendaman 24 jam ditunjukkan pada tabel 7 berikut ini :

**Tabel -7:** Hasil *Marshall Test* Terhadap Kadar *filler* dengan waktu rendaman 24 jam

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar Filler		
			1,0	1,5	2,0
1	VMA (%)	min. 15	61,69	62,70	56,43
2	VFA (%)	min. 60	18,74	17,95	23,30
3	VIM (%)	3,5 - 5,5	50,13	51,45	43,28
4	Stabilitas (Kg)	min. 800	880,30	909,70	777,61
5	Flow (mm)	min. 3,0	3,93	4,00	4,33
6	MQ (Kg/mm)	min. 250	223,83	227,43	180,69

Dari hasil *Marshall Test* terhadap kadar *filler* dengan waktu rendaman 24 jam yang ditunjukkan oleh tabel 7 diketahui nilai stabilitas sebesar 880,30 kg pada kadar *filler* 1%.

Hasil *Marshall Test* terhadap kadar *filler* dengan waktu rendaman 48 jam ditunjukkan pada tabel 8 berikut ini :

**Tabel -8:** Hasil *Marshall Test* Terhadap Kadar *filler* dengan waktu rendaman 48 jam

No.	Karakteristik	Syarat	% Kadar Filler		
			1,0	1,5	2,0
1	VMA (%)	min. 15	63,78	63,67	64,64
2	VFA (%)	min. 60	17,14	17,22	16,50
3	VIM (%)	3,5 - 5,5	52,85	52,70	53,98
4	Stabilitas (Kg)	min. 800	670,21	691,06	709,92
5	Flow (mm)	min. 3,0	3,63	3,70	3,73
6	MQ (Kg/mm)	min. 250	184,45	186,77	190,14

Dari hasil perhitungan *Marshall Test* pada benda uji terhadap waktu rendaman seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 sampai tabel 8 diperoleh nilai *Voids in Mineral Aggregate* (VMA) tertinggi pada kadar *filler* 1% pada rendaman 2 jam sebesar 68,19% dan terendah pada kadar *filler* 2% pada rendaman 24 jam sebesar 56,43% dengan syarat  $\geq 15\%$ . Untuk nilai *Voids Fill Asphalt* (VFA) tertinggi pada kadar *filler* 2% pada rendaman 24 jam sebesar 23,30% dan terendah pada kadar *filler* 1% pada rendaman 2 jam sebesar 14,08% dengan syarat  $\geq 60\%$ . Untuk nilai *Voids In Mix* (VIM) didapatkan nilai tertinggi pada kadar *filler* 1% pada rendaman 2 jam sebesar 58,59% dan terendah pada kadar *filler* 2% pada rendaman 24 jam sebesar 43,28% dengan syarat  $3\% \leq VIM \leq 5\%$ . Sedangkan untuk nilai stabilitas didapatkan nilai tertinggi pada kadar *filler* 1% pada rendaman 1 jam sebesar 1444,74 kg dan terendah pada kadar *filler* 1% pada rendaman 48 jam sebesar 670,21 kg dengan syarat  $\geq 800$  kg. Untuk nilai kelelahan (*flow*) didapatkan nilai tertinggi pada kadar *filler* 1% pada rendaman 1 jam sebesar 5,57 mm dan terendah pada kadar *filler* 1% pada rendaman 48 jam sebesar 3,63 mm dengan syarat  $\geq 3$  mm. Untuk nilai *Marshall Quotient* (MQ) didapatkan nilai tertinggi pada kadar *filler* 1% pada rendaman 1 jam sebesar 259,60 kg/mm dan terendah pada kadar *filler* 1% pada rendaman 48 jam sebesar 184,45 kg/mm dengan syarat  $\geq 250$  kg/mm.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa campuran aspal dengan menggunakan bahan pengisi (*filler*) serbuk arang tempurung

kelapa memiliki nilai stabilitas optimal sebesar 1444,74 kg pada waktu perendaman 1 jam dan semakin menurun pada waktu perendaman 2 jam sebesar 1098,91 kg, 12 jam sebesar 1039,60 kg, 24 jam sebesar 946,56 kg dan 48 jam sebesar 910,49 kg. Hal ini menandakan bahwa campuran aspal yang menggunakan bahan pengisi serbuk arang tempurung kelapa memiliki keawetan yang rendah. Lebih lanjut dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemakaian limbah tempurung kelapa sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam campuran perkerasan jalan tidak begitu baik. Sehingga apabila ingin memperoleh hasil yang baik dari penggunaan limbah tempurung kelapa sebagai bahan pengisi (*filler*) maka perlu dilakukan penelitian lain yang serupa dengan variasi penambahan material seperti batu kapur, serbuk keramik dan limbah batako agar sesuai dengan persyaratan yang ada pada *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Kementerian PU, Edisi November 2010*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2010). *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim. (2010). *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 Revisi 3, Divisi VI Perkerasan Aspal*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Edisi November 2010. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Asphalt Institute. (1993). *Mix Design Methods For Asphalt Concrete And Other Hot Mix Types*. Sixth edition, Manual Series No. 2. Kentucky. USA.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Industri. (1983). *Pembuatan Karbon Aktif dan Tempurung Inti Sawit*. Departemen Perindustrian, Jakarta.
- Puhari, A. (2011). *Pengaruh Penggunaan Serbuk Zeolite Sebagai Bahan Tambahan Pada Campuran AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)*. Tugas Akhir, Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Janabadra. Yogyakarta
- Purnomo, B.D. (2005). *Pengaruh Penambahan Serbuk Keramik Sebagai Filler Pada Campuran Hot Rolled Asphalt (HRA)*, Jurnal Teknik Sipil, 3(1).

- Saputra, D.E. (2012). *Analisa Bahan Tambahan Serat Polypropylene (Fiber Plastic Beneser) Pada Campuran Aspal Beton*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. UPN “Veteran” Jawa Timur.
- Standar Nasional Indonesia. (1991) *Uji Penetrasi Aspal*. Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum. 06-2456-1991
- Standar Nasional Indonesia. (1991) *Cara Uji Titik Lembek Aspal Dengan Alat Cincin Dan Bola (Ring And Ball)*. Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum. 06-2434-1991
- Standar Nasional Indonesia. (1989). *Standar Nasional Indonesia tentang Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya*. Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum. 03-1737-1989
- Standar Nasional Indonesia. (1991). *Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Dengan Alat*. Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum. 06-2433-1991
- Standar Nasional Indonesia. (1991). *Metode Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal*. Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum. 06-2432-1991
- Standar Nasional Indonesia. (1991). *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*. Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum. 06-2489-1991
- Suhariyono, E. (2014). *Analisa Uji Kuat Tekan Agregat Halus Pasir Besi Tulungagung Pada Campuran Aspal Dengan Menggunakan Marshall Test*. Tugas Akhir, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan “Veteran” Jawa Timur. Surabaya.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Edisi pertama. Penerbit Nova. Bandung.
- Wirranita, T.K. (2015). *Pemanfaatan Limbah Serbuk Keramik Sebagai Filler Pada Campuran Lapisan Aspal*. Tugas Akhir. Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. UPN “Veteran” Jawa Timur.